Ecology in Tropical and Temperate Regions. Ed. by P. W. PRICE, T. M. LEWINSOHN, G. W. FERNANDEZ, and W. W. BENSON. New York: John Wiley and Sons. Pp. 273–287.

EISENBERG, J. F.; O'CONNELL, M.; AUGUST, P. V. (1979): Density, productivity, and distribution of mammals in two Venezuelan habitats. In: Vertebrate Ecology in the Northern Neotropics. Ed. by J. F. EISENBERG. Washington, DC: Smithsonian Institution Press. Pp. 187–207.

EMMONS, L. H. (1984): Geographic variation in densities and diversities of non-flying mammals in Amazonia. Biotropica **16**, 210–222.

EMMONS, L. H. (1987): Comparative feeding ecology of felids in a neotropical forest. Behav. Ecol. and Sociobiol. **20**, 271–283.

EMMONS, L. H. (1990): Neotropical Rainforest Mammals: a Field Guide. Chicago: Univ. Chicago Press.

ESTRADA, A.; COATES-ESTRADA, R.; MERITT JR, D. (1994): Non flying mammals and landscape changes in the tropical rain forest region of Los Tuxlas, Mexico. Ecogeography **17**, 229–241.

FENTON, M. B.; BOYLE, N. G. H.; HARRISON, T. M.; OXLEY, D. J. (1977): Activity patterns, habitat use, and prey selection by some African insectivorous bats. Biotropica **9**, 73–85.

FONESCA, G. A. B. DA; ROBINSON, J. G. (1990): Forest size and structure: competitive and predatory effects on small mammal communities. Biol. Conserv. **53**, 265–294.

FLEMING, T. H. (1973): The number of rodent species in two Costa Rican forests. J. Mammalogy **54**, 518–521.

GLANZ, W. E. (1990): Neotropical mammal densities: how unusual is the community on Barro Colorado Island, Panama? In: Four Neotropical Rainforests. Ed. by A. W. GENTRY. New Haven, Connecticut: Yale Univ. Press. Pp. 287–313.

GLANZ, W. E. (1991): Mammalian densities at protected versus hunted sites in central Panama. In: Neotropical Wildlife Use and Conservation. Ed. by J. G. ROBINSON and K. H. REDFORD. Chicago: Univ. Chicago Press. Pp. 163–173.

HARTSHORN, G. S.; NICOLAIT, L.; HARTSHORN, L.; BEVIER, G.; BRIGHTMAN, R.; CAL, J.; CAWITCH, A.; DAVIDSON, W.; DUBOIS, R.; DYER, C.; GIBSON, J.; HAWLEY, W.; LEONARD, J.; NICOLAIT, R.; WEYER, D.; WHITE, H.; WHITE, C. (1984): Belize: Country Environment Profile. A Field Study. Belize City, Belize: Robert Nicolait and Associates.

HEANEY, L. R.; HEIDEMAN, P. D.; RICKART, E. A.; UTZURRUM, R. B.; KLOMPEN, J. S. H. (1989): Elevational zonation of mammals in the central Philippines. J. Trop. Ecol. **5**, 259–280.

HOLDENREID, R. (1954): A new live-catch rodent trap and comparison with two other traps. J. Mammalogy **35**, 267–268.

ISABIRYE-BASUTA, G.; KASENENE, J. M. (1987): Small rodent populations in selectively felled and mature tracts of Kibale forest, Uganda. Biotropica **19**, 260–266.

JANSON, C. H.; EMMONS, L. H. (1990): Ecological structure of the nonflying mammal community at Cosha Cashu Biological Station, Manu National Park, Peru. In: Four Neotropical Rainforests. Ed. by A. W. GENTRY. New Haven, Connecticut: Yale Univ. Press. Pp. 314–338.

KASENENE, J. M. (1984): The influence of selective logging on rodent populations and the regeneration of selected tree species in the Kibale forest, Uganda. Trop. Ecol. **25**, 179–195.

LAURANCE, W. F. (1992): Abundance estimates of small mammals in Australian tropical rainforest: a comparison of four trapping methods. Wildlife Res. **19**, 651–655.

LYNAM, A. J. (1997): Rapid decline of small mammal diversity in monsoon evergreen forest fragments in Thailand. In: Tropical Forest Remnants: Ecology, Management, and Conservation of Fragmented Communities. Ed. by W. M. LAURANCE and R. O. BIERREGAARD, Jr. Chicago: Univ. Chicago Press. Pp. 222–240.

MALCOLM, J. R. (1990): Estimation of mammalian densities in continuous forest north of Manaus. In: Four Neotropical Rainforests. Ed. by A. W. GENTRY. New Haven, Connecticut: Yale Univ. Press. Pp. 339–357.

MALCOLM, J. R. (1995): Forest structure and the abundance and diversity of neotropical small mammals. In: Forest Canopies. Ed. by M. D. LOWMAN and N. M. NADKARNI. San Diego: Academic Press. Pp. 179–197.

MALCOLM, J. R. (1997): Biomass and diversity of small mammals in Amazonian forest fragments. In: Tropical Forest Remnants: Ecology, Management, and Conservation of Fragmented Communities. Ed. by W. M. LAURANCE and R. O. BIERREGAARD, Jr. Chicago: Univ. Chicago Press. Pp. 207–221.

MARES, M. A. (1992): Neotropical mammals and the myth of Amazonian biodiversity. Science **255**, 976–979.

MCCLEARN, D.; KOHLER, J.; MCGOWAN, K. J.; CEDENO, E.; CARBONE, L. G.; MILLER, D. (1994): Arboreal and terrestrial mammal trapping on Gigante peninsula, Barro Colorado Nature Monument, Panama. Biotropica **26**, 208–213.

MEDELLIN, R. A. (1994): Mammal diversity and conservation in the Selva Lacondona, Chiapas, Mexico. Conserv. Biol. **8**, 780–799.

MONADJEM, A. (1997): Habitat preferences and biomasses of small mammals in Swaziland. Afr. J. Ecol. **35**, 64–72.

MONTHEY, R. W.; SOUTHIERE, E. C. (1995): Responses of small mammals to forest harvesting in northern Maine. Canad. Field Nat. **99**, 13–18.

O'CONNELL, M. A. (1989): Population dynamics of neotropical small mammals in seasonal habitats. J. Mammalogy **70**, 532–548.

O'FARRELL, M. J.; CLARK, W. A.; EMMERSON, F. H.; JUAREZ, S. M.; KAY, F. R.; O'FARRELL, T. M.; GOODLETT, T. Y. (1994): Use of a mesh live trap for small mammals: are results from Sherman live traps deceptive? J. Mammalogy **75**, 692–699.

PATTERSON, B. D.; MESERVE, P. L.; LANG, B. K. (1989): Distribution and abundance of small mammals along an elevational transect in temperate rainforests of Chile. J. Mammalogy **70**, 67–78.

PIZZIMENTI, J. J. (1979): The relative effectiveness of three types of traps for small mammals in some Peruvian rodent communities. Acta Theriol. **24**, 351–361.

PRICE, M. V.; WASER, N. M.; BASS, T. A. (1984): Effects of moonlight on microhabitat use by desert rodents. J. Mammalogy **65**, 353–356.

RABINOWITZ, A.; NOTTINGHAM, Jr, B. G. (1989): Mammal species richness and relative abundance of small mammals in a subtropical wet forest of Central America. Mammalia **53**, 217–226.

RICKART, E. A.; HEANEY, L. R.; UTZURRUM, R. C. B. (1991): Distribution and ecology of small mammals along an elevational transect in southeastern Luzon, Phillipines. J. Mammalogy **72**, 458–469.

SEALANDER, J. A.; JAMES, D. (1958): Relative efficiency of different small mammal traps. J. Mammalogy **39**, 215–233.

SLADE, N. A.; EIFLER, M. A.; GRUENHAGEN, N. M.; DEAVELOS, A. L. (1993): Differential effectiveness of standard and long Sherman livetraps in capturing small mammals. J. Mammalogy **74**, 156–161.

STRUHSAKER, T. T. (1997): Ecology of an African rainforest: logging in Kibale and the conflict between conservation and exploitation. Gainesville: Univ. Florida Press.

TERBORGH, J.; LOPEZ, L.; TELLO, J.; YU, D.; BRUNI, A. R. (1997): Transitory states in relaxing landbridge islands. In: Tropical Forest Remnants: Ecology, Management and Conservation of Fragmented Communities. Ed. by W. F. LAURANCE and R. O. BIERREGAARD, Jr. Chicago: Univ. Chicago Press. Pp. 256–274.

THE NATURE CONSERVANCY (1993): Rapid ecological assessment of the Bladen Nature Reserve, October 1993.

TIMM, R. M. (1994 a): The mammal fauna. In: La Selva: Ecology and Natural History of a Neotropical Rainforest Ed. by L. A. McDADE, K. S. BAWA, H. A. HESPENHEIDE, and G. S. HARTSHORN. Chicago: Univ. Chicago Press. Pp. 229–237.

TIMM, R. M. (1994 b): Mammals. In: La Selva: Ecology and Natural History of a Neotropical Rainforest. Ed. by L. A. McDADE, K. S. BAWA, H. A. HESPENHEIDE, and G. S. HARTSHORN. Chicago: Univ. Chicago Press. Pp. 394–398.

TORRES-CONTRERAS, H.; SILVA-ARANGUIZ, E.; MARQUET, P. A.; CAMUS, P. A.; JAKSIC, F. M. (1997): Spatiotemporal variability of rodent subpopulations at a semiarid neotropical locality. J. Mammalogy **78**, 505–513.

VOSS, R. S.; EMMONS, L. H. (1996): Mammalian diversity in neotropical lowland rainforests: a preliminary assessment. Bull. Amer. Mus. Nat. Hist. **230**, 1–115.

WILSON, D. E.; COLE, F. R.; NICHOLS, J. D.; RUDRAN, R.; FOSTER, M. S. (1996): Measuring and Monitoring Biological Diversity: Standard Methods for Mammals. Washington DC: Smithsonian Institution Press.

WOODMAN, N.; TIMM, R. M.; SLADE, N. A.; DOONAN, T. J. (1996): Comparison of traps and baits for censusing small mammals in neotropical lowlands. J. Mammalogy **77**, 274–281.

WRIGHT, S. J.; GOMPPER, M. E.; DELEON, B. (1994): Are large predators keystone species in neotropical forests? The evidence from Barro Colorado island. Oikos **71**, 279–294.

WRIGHT, S. J.; ZEBALLOS, H.; DOMINGUEZ, I.; GALLARDO, M. M.; MORENO, M. C.; IBANEZ, R. (2000): Poachers alter mammal abundance, seed dispersal, and seed predation in a neotropical forest. Conserv. Biol. **14**, 227–239.

Authors' address:

T. M. CARO, RACHEL BROCK, and MARCELLA KELLY, Department of Wildlife, Fish and Conservation Biology, 1 Shields Avenue, University of California, Davis, CA 95616, USA
(e-mail: tmcaro@ucdavis.edu)

Mamm. biol. **66** (2001) 102–110
© Urban & Fischer Verlag
http://www.urbanfischer.de/journals/mammbiol

Mammalian Biology
Zeitschrift für Säugetierkunde

Original investigation

Welche quantitativen Beziehungen bestehen bei Säugetieren zwischen Schädelkapazität und Hirnvolumen?

Von M. Röhrs und P. Ebinger

Institut für Zoologie, Tierärztliche Hochschule Hannover, Hannover

Receipt of Ms. 20. 03. 2000
Acceptance of Ms. 10. 09. 2000

Abstract

How is cranial capacity related to brain volume in mammals?

The measurement of cranial capacity is often used to obtain information about the brain volume in mammals. Brain volume and cranial capacity are of the same size only in small mammals. For 17 mammalian species (451 individuals) we could show that cranial capacity often is larger than brain volume, and the differences in size are not equal in the 17 species. The relation cranial capacity % brain volume ranges from 102.45% to 116.97%. Therefore, assuming that cranial capacity = brain volume can lead to remarkable errors.
The intraspecific allometric relation of cranial capacity to brain volume may be isometric or positive allometric, the interspecific relation is positive allometric. Thus, if the allometric relations are known, it is possible to estimate unknown brain volumes on the basis of known cranial capacity.

Key words: Allometry, cranial capacity, brain size, mouse-to-elephant-line

Einleitung

Ein intra- bzw. interspezifischer Vergleich von Hirngrößen ist ein erster und einfacher Schritt die funktionelle Bedeutung des Gehirns bei verschiedenen Arten zu schätzen. Das beste Maß für die Hirngröße ist das Frischhirngewicht (HG) bzw. das Frischhirnvolumen (HV = HG/1,036). Die Hirngröße hängt ab von verschiedenen Faktoren: Körpergröße, Evolutionshöhe und Spezialisation. Bevor dieser Einfluß auf die Hirngröße verschiedener Arten bewertet werden kann, muß die Bedeutung der Körpergröße für dieses Organ festgestellt werden. Ein geeignetes Maß für die Körpergröße ist das Bruttokörpergewicht (BKG). Die Ermittlung des Einflusses des BKG auf das HG ist möglich mit der Allometrieformel: log Organgewicht = log b + a · log Körpergewicht. Der Wert für a sagt aus, ob der relative Anteil der Hirngröße am Körpergewicht von kleinen zu großen Tieren abnimmt, gleich bleibt oder zunimmt, der Wert b enthält Faktoren, welche zudem das HG beeinflussen.
Die Bestimmung von a für den interspezifischen Bereich ist möglich bei unterschied-

1616-5047/01/66/02-102 $ 15.00/0.

lich großen Arten naher Verwandtschaft, die sich außer der Körpergröße in anderen Merkmalen nur gering unterscheiden. Ist a bekannt, dann können Unterschiede in b als quantitativer Ausdruck von Verschiedenheiten in der Cephalisationshöhe (Evolutionshöhe, Spezialisation) angesehen werden (Stephan et al. 1986; Röhrs 1986; Röhrs et al. 1989).

Die Beschaffung von Daten über Hirn- und Körpergewicht von möglichst vielen Säugetierarten ist schwierig, daher sind zur Erweiterung der Datenbasis andere Verfahren als die direkte Messung von HG und BKG versucht worden. In den zoologischen und paläontologischen Museen lagern viele Schädel von fossilen und rezenten Säugetierarten. Als Ersatzmaß für die tatsächliche Hirngröße sind bei diesem Material häufig Messungen der Hirnschädelkapazität (HSK) möglich; aber stimmen HSK und HV wirklich überein? Diese Frage soll hier untersucht werden. Auf das Problem der Schätzung des BKG nach Schädel- und Skelettmaßen wird in dieser Arbeit nicht eingegangen.

Messungen der HSK zur Gewinnung von Informationen über die tatsächliche Hirngröße sind eine alte Methode (Darwin 1868; Klatt 1912), und bis heute ist dieses Verfahren noch üblich. Jerison (1973) bestimmte die HSK bei fossilen und rezenten Säugetierarten, um Änderungen der Hirngröße in der Geschichte der Säugetiere zu erforschen. Jerison (1973) setzt dabei voraus, daß HSK und HV übereinstimmen; auch Radinsky (1978), Gittleman (1986), Towe und Mann (1992) und Martin (1990) nehmen für die von ihnen untersuchten Säugetierarten Übereinstimmung von HSK und HV an. Jerison (1973) weist aber darauf hin, daß bei Walen die HSK beträchtlich größer sein kann als das HV. Martin (1990) bemerkt, daß es angebracht sei, die Beziehungen HSK–HV zu erforschen, bevor Schlüsse aus der HSK auf die tatsächliche Hirngröße gezogen werden können.

Eingehende Untersuchungen über die Beziehung von HSK zu HV fehlen bis heute. Nach Daten von Röhrs und Ebinger (1998) beträgt die Hirnschädelkapazität bei 14 Zoo-Przewalskipferden durchschnittlich 116% des Hirnvolumens, wobei die mittlere HSK ein Volumen von 649 cm^3 und das HV einen Mittelwert von 558 cm^3 haben; die allometrische Beziehung HSK–HV ist hierbei isometrisch. Bei *Nasua rufa* (n = 12) beträgt die mittlere HSK 105% des mittleren Hirnvolumens; die intraspezifisch allometrische Beziehung HSK–HV ist positiv (a = 1,19). Der prozentuale Anteil der HSK am HV nimmt von 100,5 beim kleinsten HV bis auf 109,5 beim größten HV zu (Röhrs et al. 1989).

Diese Beispiele zeigen, daß HSK und HV beträchtliche Größenunterschiede aufweisen können, und daß die Beziehung HSK – HV im intraspezifischen Bereich auch positiv allometrisch sein kann. Wird die HSK ohne Berücksichtigung solcher Tatsachen mit dem HV gleich gesetzt, kann es zu Fehlbeurteilungen der Hirngröße kommen. Wir haben daher an einem umfangreichen Datenmaterial untersucht, welche Beziehungen im intraspezifischen und interspezifischen Bereich zwischen HSK und HV bestehen können, und ob es Möglichkeiten gibt, das HV (damit auch das HG) nach der HSK zu schätzen.

Material und Methode

Bei 451 Individuen von 17 Säugetierarten erfolgte die Bestimmung des Frischhirngewichts durch Wiegen nachdem das Schädeldach aufgesägt, das Rückenmark durchtrennt und das Gehirn entnommen wurde. Durch Division mit dem Faktor 1,036 – dem spezifischen Gewicht für Hirnmasse – wurde das Hirnvolumen aus dem HG errechnet. Nach der Mazeration des Schädels und Schließen des Schädeldachs konnte die Hirnschädelkapazität durch Auffüllen des Hirnschädelhohlraums mit Schrot oder Glaskugeln gemessen werden. Bei allen Individuen wurde auch das Bruttokörpergewicht festgestellt. So kennen wir bei 451 Tieren jeweils HSK, HV, HG und BKG. Das Material stammt von Forschungsreisen (Herre und Röhrs, Südamerika 1956/57, 1962; Galapagos 1971) sowie aus Sammlungen von Herre, Röhrs und Ebinger.

Für 12 Arten konnten die intraspezifischen Allometriegeraden (Ellipsenhauptachsen) HSK–HV

berechnet werden. Weiterhin haben wir für insgesamt 17 Arten jeweils den mittleren prozentualen Anteil der Hirnschädelkapazität am Hirnvolumen bestimmt (HSK%HV). Bei Arten mit positiver Allometrie für die Beziehung HSK zu HV wurden entsprechend den Allometriegleichungen die Werte HSK%HV für das kleinste und größte HV errechnet. Darüber hinaus haben wir die interspezifischen Allometriegeraden HSK–HV für Myrmecophagidae, Mustelinae, Canidae sowie für alle untersuchten 17 Arten ermittelt.

Ergebnisse und Diskussion

Intraspezifische Allometrien HSK–HV

Ist nur die Hirnschädelkapazität bekannt, so können intraspezifisch allometrische Beziehungen HSK zu HV geeignet sein, das HV von Individuen einer Art zu schätzen. Dies kann wichtig sein für Vergleiche der Hirngrößen innerhalb von Arten, so z. B. zwischen Unterarten, Geschlechtern sowie Wild- und Haustieren (KRUSKA 1980; RÖHRS und EBINGER 1983, 1998).

In Tabelle 1 sind die intraspezifischen Allometriegleichungen HSK–HV für 12 Säugetierarten aufgeführt. Bei *Mustela nivalis, Mustela, erminea,* und *Martes foina* ist diese Beziehung etwa isometrisch (Abb. 1). Eine solche Isometrie haben wir bei Zoo-Przewalskipferden bereits 1998 nachgewiesen (RÖHRS und EBINGER 1998). Bei den übrigen 8 von den 12 Arten ist die Beziehung HSK–HV positiv allometrisch, und die a-Werte reichen von 1,05 bei *Dusicyon gymnocercus* bis zu 1,25 bei Hausziegen (Abb. 2). Es gibt also keinen einheitlichen intraspezifischen a-Wert für die Beziehung HSK–HV bei allen Säugetierarten.

Bei den von uns untersuchten Spezies ist

Tabelle 1. Intraspezifische allometrische Beziehungen Hirnschädelkapazität zu Hirnvolumen (log HSK = log b + a · log HV) bei 12 Säugetierarten.

Spezies	log HSK	log b	a	log HV
Oryctolagus cuniculus (n = 35, r = 0,9727)	1,0191	–0,0713	1,0812	1,0085
Mustela nivalis (n = 78, r = 0,9916)	0,3628	–0,0224	0,9916	0,3432
Mustela erminea (n = 29, r = 0,9812)	0,7320	–0,0230	0,9873	0,7182
Martes foina (n = 19, r = 0,9763)	1,3512	0,0720	0,9913	1,3154
Dusicyon gymnocercus (n = 56, r = 0,9864)	1,6229	–0,0627	1,0505	1,6046
Dusicyon culpaeus (n = 15, r = 0,9840)	1,7581	–0,1672	1,1079	1,7377
Canis aureus (n = 32, r = 0,9160)	1,8423	–0,0578	1,0567	1,7982
Canis latrans (n = 32, r = 0,9149)	1,9709	–0,1268	1,0833	1,9365
Canis lupus (n = 65, r = 0,7791)	2,1730	–0,2860	1,1584	2,1226
Lama guanacoe (n = 20, r = 0,9663)	2,4427	–0,0735	1,0449	2,4081
Hausziegen (n = 36, r = 0,9484)	2,1298	–0,4423	1,2456	2,0650
Zooprzewalskipferde (n = 14, r = 0,9550)	2,8126	0,0656	1,0000	2,7469

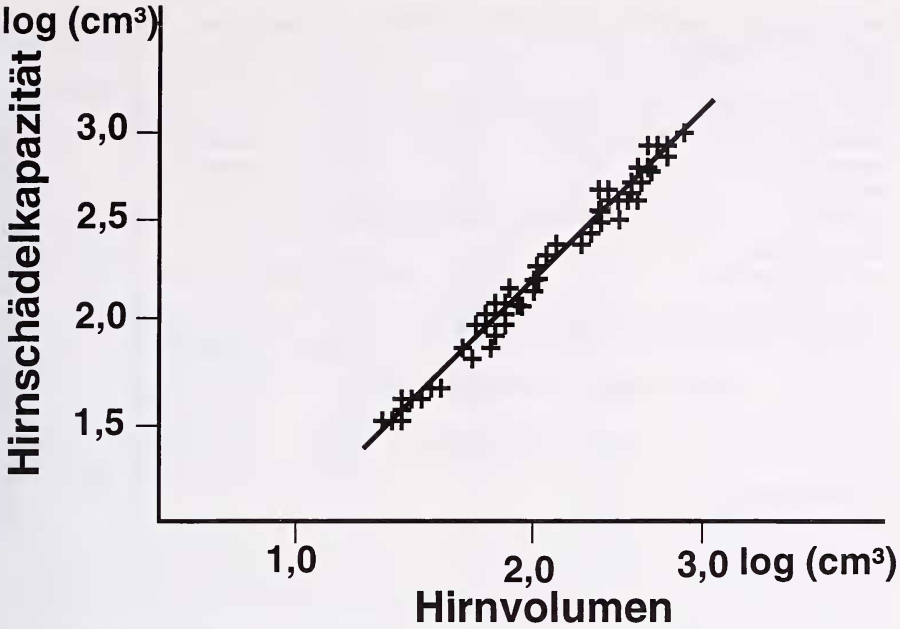


Abb. 1. Intraspezifische allometrische Beziehung HSK–HV bei *Mustela nivalis*, a_{EHA} = 0,9916 (Standardfehler: x = 0,0093, y = 0,0093).

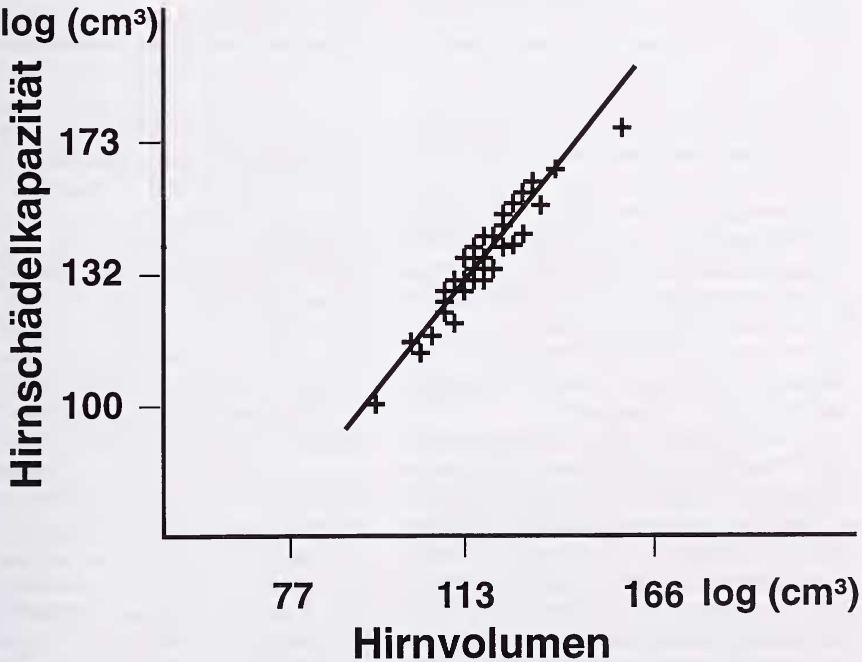


Abb. 2. Intraspezifische allometrische Beziehung HSK–HV bei Hausziegen, a_{EHA} = 1,2456 (Standardfehler: x = 0,0066, y = 0,0082).

Tabelle 2. Mittelwerte von HSK (cm^3), HV (cm^3) und HSK%HV bei 17 Säugetierarten

Spezies	HSK	HV	HSK%HV	Min – Max	N
Oryctolagus cuniculus	10,45	10,20	102,45	101,15–104,00	35
Mustela nivalis	2,3056	2,2039	104,62	Isometrie	78
Mustela erminea	5,3951	5,2264	103,23	Isometrie	29
Martes foina	22,45	20,67	108,61	Isometrie	19
Eira barbara	50,35	46,39	108,35		3
Dusicyon sechure	33,46	32,63	102,54	–	4
Dusicyon gymnocercus	41,97	40,23	104,33	103,08–105,57	56
Cerdocyon thous	50,65	46,57	108,76	–	7
Dusicyon culpaeus	57,29	54,66	104,80	103,31–106,69	15
Canis aureus	69,55	62,83	110,70	109,88–111,71	32
Canis latrans	93,52	86,40	108,24	107,32–109,76	32
Canis lupus	148,94	132,62	112,31	108,53–115,34	65
Lama guanacoe	277,14	255,92	108,29	107,70–109,07	20
Hausziege	134,83	116,14	116,09	110,32–124,81	36
Tamandua tetradactyla	28,32	26,23	107,95	–	3
Myrmecophaga tridactyla	96,58	82,53	116,97	–	3
Zooprzewalskipferd	649,46	558,39	116,31	116,31–116,31	14

die mittlere HSK immer größer als das HV. Der Größenunterschied ist aber bei den einzelnen Arten nicht gleich. Der Wert HSK%HV reicht von 102% bei *Oryctolagus cuniculus* bis zu 117% bei *Myrmecophaga tridactyla* (Tab. 2). Bei Isometrie der intraspezifischen Beziehung HSK–HV ist der Wert HSK%HV auf allen Größenstufen des Gehirns etwa gleich; so bei *Mustela nivalis*, *Mustela erminea*, *Martes foina* und Zoo-Przewalskipferden (Tab. 2). Bei positiver Allometrie steigt der Wert HSK%HV von den kleinen zu den großen Gehirnen an; bei Hausziegen von 110% bis 125% an. Bei diesem Maximum beträgt das HV 156 cm^3 und die HSK 195 cm^3; das ist eine Differenz von 39 cm^3. Weitere Beispiele sind in Tabelle 2 aufgeführt.
Eine Übereinstimmung von HSK und HV kann besonders bei kleinen Säugetieren vorkommen. MANN et al. (1988) nehmen bei Muridae und Cricetidae die Gleichheit von HSK und HV an. Eine solche Konformität ist aber für Säugetiere nicht allgemein gültig und unsere Ergebnisse machen für den intraspezifischen Bereich deutlich, daß eine Gleichsetzung von HSK und HV zu erheblichen Überschätzungen der Hirngröße führen kann.

Interspezifische Beziehungen HSK–HV

Mittelwerte der Frischhirnvolumina (oder des Hirngewichts) und der Bruttokörpergewichte von Arten sind die Basis für interspezifische Vergleiche von Hirngrößen. Interspezifische Allometrien HSK–HV könnten die Möglichkeit bieten, Mittelwerte der Hirnvolumina von Arten nach der Hirnschädelkapazität abzuschätzen. Dazu folgen drei Beispiele.
Für *Tamandua tetradactyla* und *Myrmecophaga tridactyla* lautet die interspezifische Allometriegerade HSK–HV: 1,7100 = 0,0778 + 1,0763 · 1,6677 (r = 0,9981), für vier Arten der Mustelinae: 1,0367 = 0,0097 + 1,0163 · 1,0108 (r = 0,9999) und für sieben Canidenarten (Abb. 3): 1,7995 = –0,0724 + 1,0583 · 1,7687 (r = 0,9993).
Nach der interspezifischen Allometriegleichung HSK–HV bei Mustelinae wurde für die vier untersuchten Arten das jeweils nach der Hirnschädelkapazität zu erwartende Hirnvolumen („HV“) errechnet. In Tabelle 3 sind die Mittelwerte HSK%HV den Mittelwerten „HV“%HV gegenübergestellt. Das gleiche Verfahren wurde für sieben Canidenarten durchgeführt (Tab. 4). In allen Fällen weicht der Wert „HV“%HV

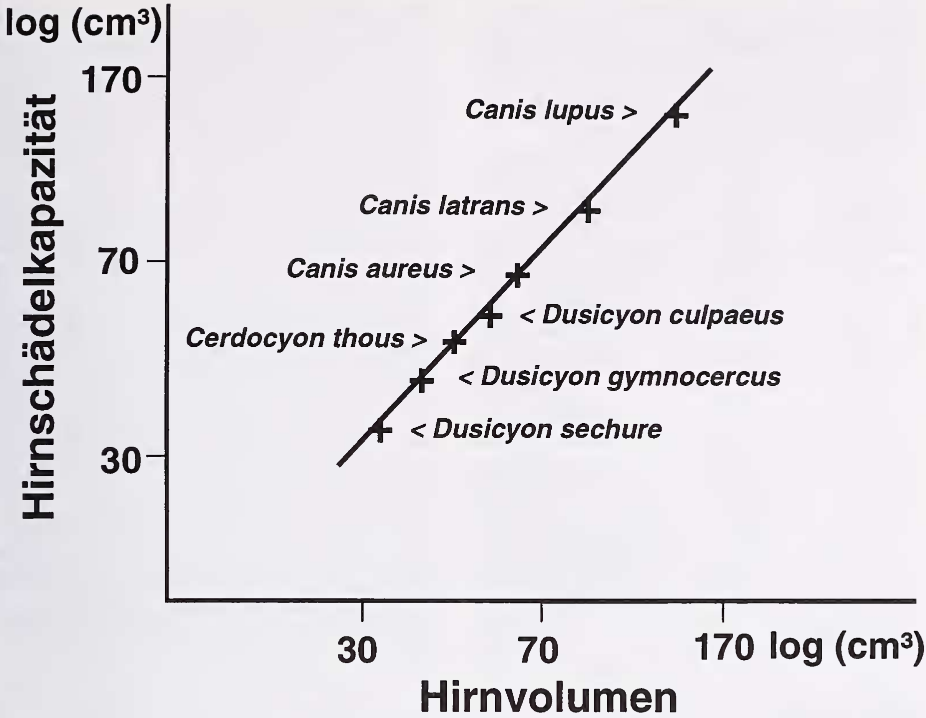


Abb 3. Interspezifische allometrische Beziehung HSK–HV bei 7 Canidenarten, a_{EHA} = 1,0583 (Standardfehler: x = 0,0783, y = 0,0825).

Tabelle 3. Vergleich HSK%HV mit „HV"% HV. „HV" errechnet nach der interspezifischen Allometriegeraden HSK–HV bei Mustelinae.

Spezies	HSK%HV	„HV"%HV
Mustela nivalis	104,62	100,98
Mustela erminea	103,23	98,29
Martes foina	108,61	101,08
Eira barbara	108,35	99,71

Tabelle 4. Vergleich HSK%HV mit „HV"%HV. „HV" errechnet nach der interspezifischen Allometriegeraden HSK–HV bei Canidae.

Spezies	HSK%HV	„HV"%HV
Dusicyon sechure	102,54	98,93
Dusicyon gymnocercus	104,33	99,00
Cerdocyon thous	108,76	102,36
Dusicyon culpaeus	104,80	98,17
Canis aureus	110,70	103,32
Canis latrans	108,24	98,68
Canis lupus	112,31	99,79

geringer von 100% ab als der Wert HSK%HV. Je größer das Hirnvolumen, um so mehr Unterschied besteht zwischen Hirnvolumen und Hirnschädelkapazität; so ist beim Wolf die mittlere HSK gegenüber dem HV um 16,3 cm^3 oder 112% größer, beim erheblich kleineren *Dusicyon sechure* beträgt die Differenz aber nur 0,83 cm^3 oder 103% (Tab. 2, 4).

Wir sind der Ansicht, daß auch für weitere Arten der Mustelinae und Canidae mit unbekanntem Hirnvolumen die genannten interspezifischen Gleichungen HSK–HV gültig sind. Damit ist es möglich (bei ausreichendem Schädelmaterial), das mittlere HV nach der mittleren HSK abzuschätzen. Für umfangreiche Studien müßten allerdings zunächst bei weiteren Familien die interspezifischen allometrischen Beziehungen HSK zu HV untersucht werden. Es ist aber schwierig, ausreichendes Datenmaterial zu erlangen. Vielleicht ist es machbar, eine Al-

lometriegleichung HSK–HV für alle Säugetiere einzusetzen, die zwar nur näherungsweise Schätzungen des HV nach der HSK erlaubt, die aber bessere Werte liefert als die Gleichsetzung von HSK und HV.
Bei Säugetieren sind viele Untersuchungen über allometrische Beziehungen zwischen Organgrößen (auch Stoffwechselgrößen) und Körpergrößen durchgeführt worden. Dabei stößt man immer wieder auf das Bemühen, jeweils einen a-Wert zu finden, der für alle Säugetiere (mouse to elephant line) Gültigkeit hat. Solche Fälle sind aber selten, was sicher mit besonderen Anpassungen und Spezialisationen zu tun hat. Evolutionshöhe und Spezialisationen haben aber wohl kaum eine Auswirkung auf das Verhältnis HSK–HV. Möglich ist jedoch – wie schon gezeigt – der Einfluß der Hirngröße. MARTIN (1990) hat für 33 Primatenarten die Beziehung HSK–HG berechnet und nennt als Ergebnis: $HSK = 0{,}94 \cdot HG^{1{,}02}$. Die Datenpaare stammen allerdings nicht von den selben Individuen. MARTIN (1990) nennt die Beziehung isometrisch und sagt weiter, daß man bei den untersuchten Primaten HSK und HG gleichsetzen könne, und daß dies auch bei anderen Säugern mit gleichem Größenbereich möglich sei. Ist diese Annahme richtig?
Nehmen wir an, bei einem HV von 1 cm^3 ist die HSK ebenfalls 1 cm^3 und rechnen dann mit dem a-Wert von 1,02 die HSK bei 10 cm^3 HV aus, so beträgt diese 10,5 cm^3. Bei 100 cm^3 HV ergibt sich eine HSK von 110 cm^3, und bei 1 000 cm^3 HV beläuft sie sich auf 1158 cm^3. Ein Pottwal mit 6 080 cm^3 HV würde nach dieser Gleichung eine HSK von 7 237 cm^3 haben, damit wären wir bei dem von JERISON (1973) erwähnten großen Unterschied zwischen HSK und HV bei Walen. Es ist also nicht angebracht, für die Beziehung HSK–HV auch im interspezifischen Bereich für alle Säugetierarten Isometrie anzunehmen, und es ist hier ebensowenig angebracht HSK und HV gleichzusetzen.

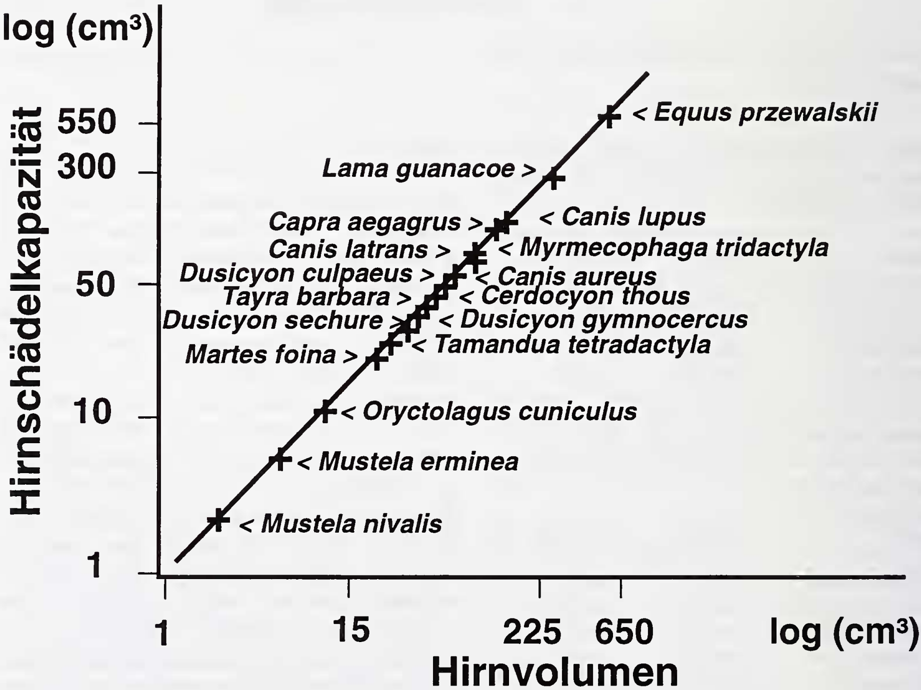


Abb 4. Interspezifische allometrische Beziehung HSK–HV bei 17 Säugetierarten, $a_{EHA} = 1{,}0222$ (Standardfehler: $x = 0{,}1426$, $y = 0{,}1458$),